



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10049169 A**(43) Date of publication of application: **20.02.98**

(51) Int. Cl. **G10H 7/00**  
**G10H 1/057**  
**G10L 3/00**  
**G10L 9/02**

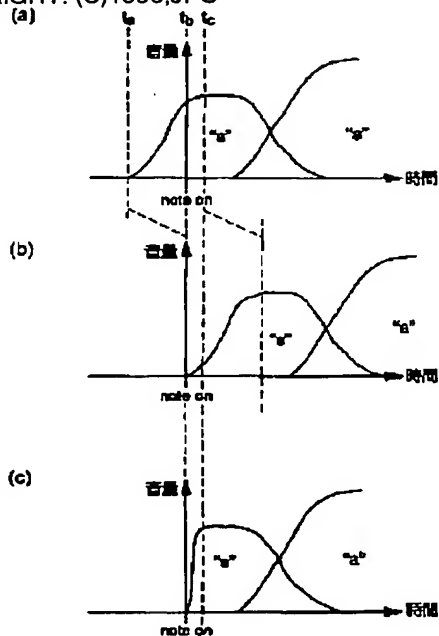
(21) Application number: **08202165**(71) Applicant: **YAMAHA CORP**(22) Date of filing: **31.07.96**(72) Inventor: **OTA SHINICHI****(54) SINGING VOICE SYNTHESIZER AND MEMORY MEDIUM****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to easily control singing voices at an adequate timing by making the rising time of the top phoneme generated by accompanying a note-on signal shorter than the rising time of the case the top phoneme is produced in succession to another phoneme during the note-on period.

**SOLUTION:** When the delay time with the singing voices is determined according to the tone production time before the note-on, the generation of a phoneme in the transition state similar to an ideal form (a) with a delay by the prescribed time is possible. If, however, the playing of real time relates, the deviation between the playing timing and the tone production timing increases and, therefore, the player is eventually given the unnatural feel. The voicing coupling time of the top phoneme is compressed in a time base direction at this time, by which such unnatural feel is relieved. Namely, the transition state within the voicing coupling time (time  $t_a$  to  $t_c$ ) in the ideal form (a) is compressed in the time base direction and is set as the transition state (c)

from the note-on (time  $t_b$ ) to the time  $t_c$  of musical instrument tones.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-49169

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 H 7/00			G 1 0 H 7/00	5 1 3 Z
	1/057			Z
G 1 0 L 3/00			G 1 0 L 3/00	J
	9/02		9/02	L

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平8-202165

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月31日

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 大田 慎一

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

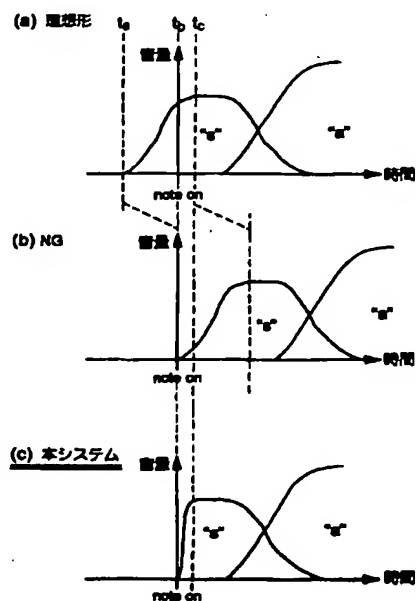
(74) 代理人 弁理士 川▲崎▼ 研二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 歌唱音合成装置および記憶媒体

## (57) 【要約】

【課題】 楽器音と歌唱音とを合成する電子楽器で、両音を同一のタイミングで発音させるべき場合がある。しかし、両者の発音処理を同時に開始させると、立上りの遅い歌唱音がやや遅れて聞こえる(図13(b))。従って、同図(a)に示すように、楽器音よりもやや速いタイミングで歌唱音を立ち上げれば良いのであるが、かかる処理はリアルタイム演奏においては困難である。

【解決手段】 同図(c)に示すように、楽器音のノートオンに伴って発生させる歌唱音は、通常の歌唱音よりも速く立ちあげるようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、

前記歌唱音を構成する音素のうち前記演奏データのノートオン信号に伴って発生される先頭音素の立上り時間を、この先頭音素がノートオン期間中に他の音素に引き続いて発音される場合の立上り時間よりも短くすることを特徴とする歌唱音合成装置。

【請求項2】 演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、前記歌唱音を構成する音素の立上り時間と、この立上り時間内における立上り特性とを記憶する記憶手段と、前記立上り時間は前記音素に割り当てられた発音時間以下であるか否かを判定する第1の判定手段と、前記音素は前記演奏データのノートオン信号に伴って発音されるべき先頭音素であるか否かを判定する第2の判定手段と、

これら第1および第2の判定手段の判定結果に基づいて、前記立上り特性を時間軸方向に圧縮する圧縮手段とを具備することを特徴とする歌唱音合成装置。

【請求項3】 演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、前記歌唱音を構成する音素と、これら各音素のデュレーションタイムとを記憶する記憶手段と、前記音素のうち最後に発音されるべき最終音素のデュレーションタイムとして前記記憶手段に所定値が記憶されていると、次にノートオン信号が供給されるまで該最終音素の発音を持続させる発音持続手段と、前記最終音素以外の音素であって前記デュレーションタイムとして前記記憶手段に前記所定値が記憶されている中間持続音素が存在すると、ノートオフ信号の受信に伴って前記中間持続音素の発音を停止し、しかる後に前記中間持続音素以降の音素を発音させる発音中断手段とを具備することを特徴とする歌唱音合成装置。

【請求項4】 演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させるプログラムを記憶した記憶媒体であって、前記プログラムは、前記歌唱音を構成する音素のうち前記演奏データのノートオン信号に伴って発生される先頭音素の立上り時間を、この先頭音素がノートオン期間中に他の音素に引き続いて発音される場合の立上り時間よりも短くすることを特徴とする記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、合唱音（楽器音および人声音）の合成に用いて好適な歌唱音合成装置および記憶媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に自然楽器には、その楽器固有の構造（例えばピアノの響板）によって生ずるフォルマントが存在する。また、人声音にも人体の構造（例えば声

帯、声道及び口腔の形状等）によって所定のフォルマントが存在し、これによって人声特有の音色等が特徴付けられている。

【0003】電子楽器において、自然の楽器音や人声音（歌唱音）により近い音色を合成するためには、それぞれの音に固有のフォルマントに従って音声合成を行わなければならない。このようにフォルマントを用いて音声合成を行う装置は、例えば特開平3-200300号公報や特開平4-251297号公報に開示されている。

10 【0004】このような電子楽器を用いて歌詞付きの楽曲に係る演奏データを作成するためには、楽譜等に基づいて、楽器音および歌唱音の各々に対して発音開始タイミングやデュレーションタイム等を設定する必要がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、一般的に人声音は楽器音よりも立上りが遅いため、演奏データ上の発音開始タイミングと聴感上の発音開始タイミングとがずれるという問題があった。例えば、楽器音のノートオン信号に対応して楽器音の発音と歌唱音の発音とを同時に開始させたとしても、聴感上は歌唱音がやや遅れて開始されたように聞こえる。

20 【0006】かかる問題を解消するためには、楽曲全体あるいは演奏パート毎の演奏データのタイミング調整を行えば良いのであるが、作業がきわめて煩雑になる。この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、簡易に、かつ適切なタイミングで歌唱音を制御できる歌唱音合成装置および記憶媒体を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため請求項1記載の構成にあっては、演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、前記歌唱音を構成する音素のうち前記演奏データのノートオン信号に伴って発生される先頭音素の立上り時間を、この先頭音素がノートオン期間中に他の音素に引き続いて発音される場合の立上り時間よりも短くすることを特徴とする。

40 【0008】また、請求項2記載の構成にあっては、演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、前記歌唱音を構成する音素の立上り時間と、この立上り時間内における立上り特性とを記憶する記憶手段と、前記立上り時間は前記音素に割り当てられた発音時間以下であるか否かを判定する第1の判定手段と、前記音素は前記演奏データのノートオン信号に伴って発音されるべき先頭音素であるか否かを判定する第2の判定手段と、これら第1および第2の判定手段の判定結果に基づいて、前記立上り特性を時間軸方向に圧縮する圧縮手段とを具備することを特徴とする。

50 【0009】また、請求項3記載の構成にあっては、演

奏データに対応して所定の歌唱音を発生させる歌唱音合成装置において、前記歌唱音を構成する音素と、これら各音素のデュレーションタイムとを記憶する記憶手段と、前記音素のうち最後に発音されるべき最終音素のデュレーションタイムとして前記記憶手段に所定値が記憶されていると、次にノートオン信号が供給されるまで該最終音素の発音を持続させる発音持続手段と、前記最終音素以外の音素であって前記デュレーションタイムとして前記記憶手段に前記所定値が記憶されている中間持続音素が存在すると、ノートオフ信号の受信に伴って前記中間持続音素の発音を停止し、しかる後に前記中間持続音素以降の音素を発音させる発音中断手段とを具備することを特徴とする。

【0010】また、請求項4記載の構成にあっては、演奏データに対応して所定の歌唱音を発生させるプログラムを記憶した記憶媒体であって、前記プログラムは、前記歌唱音を構成する音素のうち前記演奏データのノートオン信号に伴って発生される先頭音素の立上り時間を、この先頭音素がノートオン期間中に他の音素に引き続いて発音される場合の立上り時間よりも短くすることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

#### 1. 実施形態の原理

##### 1-1. MIDI信号の構成

次に、本発明の一実施形態である電子楽器について説明するが、最初にこの電子楽器に供給されるMIDI信号のフォーマットについて図2を参照し説明する。ここでは、「C3」(ド)、「E3」(ミ)および「G3」(ソ)の音階に対して、「さ」、「い」および「た」という歌詞を付けて楽音信号を発生させる場合を想定する。

【0012】これらMIDI信号のうち、楽器音に関係する部分をまず説明する。図2において「時刻」欄は、各MIDI信号がMIDIインターフェース3に供給される時刻を示している。時刻 $t_2$ には“90”“30”“42”というMIDI信号がMIDIインターフェース3に供給されている。なお、本明細書では、二重引用符(「」および「」)で囲まれた文字は16進数を表わすこととする。

【0013】ここで、“90”は、ノートオンの意味であり、続く“30”は「C3」のノートナンバであり、“42”はペロシティである。すなわち、時刻 $t_2$ におけるMIDI信号は、「ペロシティ“42”でC3の音をノートオンせよ」という意味になる。

【0014】その後、時刻 $t_3$ においては、“90”“30”“00”というMIDI信号が供給される。上述したように“90”はノートオンの意味であるが、ペロシティが“00”である場合に限り、例外的にノートオフの意味になる。すなわち、時刻 $t_3$ におけるMIDI

I信号は、「C3の音をノートオフせよ」という意味になる。

【0015】同様に、時刻 $t_5$ においては、ノートナンバ“34”(「E3」)、ペロシティ“50”のノートオン信号が供給され、時刻 $t_6$ にはそのノートオフ信号が供給される。また、時刻 $t_8$ においてはノートナンバ“37”(「G3」)、ペロシティ“46”のノートオン信号が供給され、時刻 $t_9$ にはそのノートオフ信号が供給される。

10 【0016】このように、図示のMIDI信号は、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間内で「C3」の音を発音するように指示しているのであるが、この「C3」の音に合わせて発音すべき歌唱音(歌詞)すなわち「さ」を指定する必要がある。本実施形態においては、かかる指定は楽器音のノートオン(時刻 $t_2$ )以前の任意の時刻に行うことができる。図示の例では、かかる指示が行われた時刻を $t_1$ とする。

20 【0017】時刻 $t_1$ において最初に供給されるMIDI信号は“F0”である。この信号はMIDI規格で「システムエクスクルーシブ」と称されている情報の開始信号である。システムエクスクルーシブは、信号“F0”が現れた後、次に“F7”が現れる迄の情報であり、その内容はベンダーが自由に定義できることになっている。

【0018】そこで、本実施形態においては、このシステムエクスクルーシブによって歌唱音等のデータを伝送することとしたものである。以後、このような歌唱音等のデータを「フォン・シーケンス・データ」と呼ぶ。ところで、システムエクスクルーシブはフォン・シーケンス・データの伝送以外にも種々の用途に用いられる。

30 【0019】そこで、本実施形態においては、信号“F0”に引き続いて、“43”“1n”“7F”“03”(ここで、nは任意の1桁の数である)という信号が供給された場合は、当該システムエクスクルーシブはフォン・シーケンス・データであると判断することとしている。以後、この“43”“1n”“7F”“03”の信号をフォン・シーケンス・ヘッダと呼ぶ。

40 【0020】さて、これに続く“35”という信号は、「s」の音素を意味している。すなわち、発音すべき歌唱音は「さ」であるため、これを「s」と「a」という音素に分解し、最初に「s」の発音を指示したものである。音素に続くデータは(“00”である場合を除いて)、当該音素のデュレーションタイムすなわち持続時間を「5msec」を単位として示すものである。

50 【0021】図示の例においては、デュレーションタイムは“0A”(10進数では「10」)になっているため、は、「s」のデュレーションタイムとして「50msec」が指示されたことになる。次に、信号“20”によって音素「a」が指示され、デュレーションタイムとして“00”が指示される。

【0022】ここで、デュレーションタイムが“00”である場合は、「次のノートオンまで発音を持続せよ」という意味になる。従って、図示の例にあっては、時刻 $t_5$ において「E3」のノートオンが発生するまで「a」の発音が持続されることになる。

【0023】このように信号“00”によって未確定な（次のノートオンまでの）デュレーションタイムを指定させることとした理由は、楽器音は断続的であっても歌詞は連続的に発音される傾向が強いことに鑑みてである。勿論、断続的に歌詞を発音すべき場合は、「a」のデュレーションタイムとして“00”に代えて所望の値を設定すればよい。

【0024】次に、「E3」の音に合わせて発音すべき歌唱音すなわち「い」を指定する必要がある。本実施形態においては、かかる指定は直前の歌唱音の指定時刻（ $t_1$ ）以降であって楽器音のノートオン時刻（ $t_5$ ）以前の任意の時刻に行うことができる。図示の例では、かかる指示が行われた時刻を $t_4$ とする。時刻 $t_4$ においては、再びシステムエクスクルーシブの開始信号“F0”と、フォン・シーケンス・ヘッダ“43”“1n”“7F”“03”とが供給される。

【0025】次に、“22”という信号が供給されるが、これは「i」の音素を意味している。すなわち、「い」は、単一の音素「i」で示されるため、当該音素の発音が指示されるのである。これに引き続くデータは“00”であるため、「i」の音素が次のノートオンすなわち時刻 $t_8$ まで発音が持続するように、指示が行われたことになる。

【0026】次に、「G3」の音に合わせて発音すべき歌唱音すなわち「た」は、の発音タイミングは、直前の歌唱音の指定時刻（ $t_4$ ）以降であって楽器音のノートオン時刻（ $t_8$ ）以前の任意の時刻に行うことができる。図示の例では、かかる指示が行われた時刻を $t_7$ とする。時刻 $t_7$ においては、再びシステムエクスクルーシブの開始信号と、フォン・シーケンス・ヘッダとが供給される。

【0027】次に、“3F”“01”なる信号が供給される。この“3F”は、クローズ音“CL”を表わすものであり、「音を一旦途切らせよ」という意味を有している。すなわち、日本語の「た」の音は、純粹に「t」および「a」の音素のみから成るものではなく、「t」の音素を発音する前に、舌の下面を上下の門歯に当接させて空気の流れを遮断し、音を一旦途切らせる傾向がある。そこで、最初の音素として「5 msec」のクローズ音“CL”をを設けたものである。

【0028】これに引き続く信号“37”“02”の“37”は「t」の音素を示すものであり、信号“20”“00”の“20”は、上述したように「a」の音素を示すものである。以上詳述したように、本実施形態の電子楽器に供給されるMIDI信号は、予めフォン・

シーケンス・データによって歌唱音の内容を特定しておき、後に発生する楽器音のノートオン信号によって楽器音と歌唱音の発音を共に指示するものである。

#### 【0029】1-2. 音源の制御方式

本実施形態においては、特開平3-200300号公報に開示されているものと同様の音源回路が用いられる。この音源回路においては、歌唱音の発音用に「8」チャンネルが割り当てられ、そのうち「4」チャンネルで有声音の第1～第4フォルマントが合成され、残り「4」チャンネルで無声音の第1～第4フォルマントが合成される。

【0030】ここで、無声音の第1～第4フォルマントのレベルをUTG1～4とし、これらのフォルマント周波数をUTGf1～4とする。また、有声音の第1～第4フォルマントのレベルをVTG1～4とし、これらのフォルマント周波数をVTGf1～4とする。

【0031】本明細書においては、各音素の定常状態における特性を「パラメータPHPAR[\*]」の形式で表わす。ここで「\*」の文字は、「s」、「a」、「i」などの音素名に置き換えられる。パラメータPHPAR[\*]の内容を図11(a)に示す。図においてパラメータPHPAR[\*]には、有声音第1～第4フォルマント中心周波数VF FREQ1～4と、無声音第1～第4フォルマント中心周波数UF FREQ1～4と、有声音第1～第4フォルマントレベルVF LEVEL1～4と、無声音第1～第4フォルマントレベルUF LEVEL1～4と、フォルマント形状の指定情報とが含まれている。このパラメータPHPAR[\*]は、音素の種類（数十個程度）に相当する数だけ設けられている。

【0032】次に、ある音素から他の音素に遷移する際の特性を「パラメータPHCOMB[1-2]」の形式で表わす。ここで「1」および「2」の文字は、「s」、「a」、「i」などの音素名に置き換えられる。例えば、パラメータPHCOMB[s-a]は、「s」から「a」に遷移する場合の特性を表わす。なお、ある音素が無音状態から立ち上がる場合の特性は、「PHCOMB[-s]」のように、「1」に相当する文字をブランクにする。

【0033】従って、パラメータPHCOMB[1-2]の数はパラメータPHPAR[\*]のほぼ二乗倍になる。しかし、実際のデータ量は二乗倍よりもはるかに少ない数になる。これは、音素は有声音、無声音、摩擦音等数種類に分類され、同一の分類に属する音素の変換特性が存在するならば、同一のパラメータを使える可能性が高いからである。

【0034】さて、パラメータPHCOMB[1-2]の具体的な内容を図11(b)に示す。図において下から2段目には、隣音結合時間COMBI TIMEなるパラメータが設けられている。このパラメータは、対象となる音素の遷移（例えば「s」から「a」への遷移）が自然に聞こえるためには、どれだけの時間が必要であるかを示すパラメータである。

【0035】次に、最下欄には音韻認識時間RCG TIMEなるパラメータが設けられている。このパラメータは、調音結合時間COMBI TIME内で、対象音素がその音素らしく聞こえ始めるまでの時間である。従って、音韻認識時間RCG TIMEは常に調音結合時間COMBI TIMEよりも短い時間になる。

【0036】次に、同図の最上欄に示されているVF LEVEL CURVE1は先行音韻有声音振幅下降特性であり、上記調音結合時間COMBI TIME内で有声音である先行音韻がどのような特性で降下してゆくのかを示すパラメータである。次に、UF LEVEL CURVE1は先行音韻無声音振幅下降特性であり、同様の内容を無声音に対して規定したものである。

【0037】ここで先行音韻無声音振幅下降特性UF LEVEL CURVE1等の特性としては、例えば「直線」、「指数関数」を指定することができる。次に、VF FREQ CURVE2は後続音韻有声音フォルマント周波数変化特性であり、先行音韻の有声音のフォルマント周波数から後続音韻の有声音のフォルマント周波数にどのように遷移してゆくのかを規定したものである。

【0038】また、UF FREQ CURVE2は後続音韻無声音フォルマント周波数変化特性であり、同様の内容を無声音について規定したものである。次に、VF LEVEL CURVE2は後続音韻有声音振幅立ち上がり特性であり、後続音韻の有声音のフォルマントレベルがどのような特性で立ち上がってゆくのかを規定したものである。また、UF LEVEL CURVE2は後続音韻無声音振幅立ち上がり特性であり、同様の内容を無声音について規定したものである。

【0039】次に、VF INIT FREQ1~4は有声音第1~第4フォルマント初期中心周波数であり、無音から立ち上がる場合（例えばパラメータPHCOMB[ -s]）において設定されている。これらの周波数は、有声音第1~第4フォルマント中心周波数VF FREQ1~4の初期値を指定するものである。また、UF INIT FREQ1~4は無声音第1~第4フォルマント初期中心周波数であり、同様の内容を無声音について規定したものである。なお、無音から立ち上がる場合には、先行音韻有声音振幅下降特性VF LEVEL CURVE1および先行音韻無声音振幅下降特性UF LEVEL CURVE1は無視される。

【0040】ここで、一例として、音源回路の各チャンネルが音素「s」の定常状態になっており、これを音素「a」の定常状態に移行させる場合の設定状態を説明する。まず、「s」から「a」に遷移させるタイミングから、パラメータPHCOMB[s-a]の調音結合時間COMBI TIMEに相当する期間を遷移させる期間として設定する。

【0041】そして、当該期間内において、音源回路の有声音第1~第4フォルマント中心周波数を後続音韻有声音フォルマント周波数変化特性VF FREQ CURVE2に基づいて変化させる。また、無声音第1~第4フォルマント中心周波数を後続音韻無声音フォルマント周波数変化特

性UF FREQ CURVE2に応じて変化させる。

【0042】これと同時に、音素「s」の有声音第1~第4フォルマントレベルおよび無声音第1~第4フォルマントレベルを先行音韻有声音振幅下降特性VF LEVEL CURVE1および後続音韻有声音振幅立ち上がり特性VF LEVEL CURVE2に従って降下させ、音素「a」の有声音第1~第4フォルマントレベルおよび無声音第1~第4フォルマントレベルを後続音韻有声音振幅立ち上がり特性VF LEVEL CURVE2および後続音韻無声音振幅立ち上がり特性UF LEVEL CURVE2に従って上昇させることになる。

【0043】この際、例えば音源回路の有声音第1フォルマントのレベルは、音素「s」に係るレベルと、音素「a」に係るレベルとを合計したものになる。このようにして、「さいた」の歌詞に応じた各チャンネルの設定内容を図9および図10に示す。

【0044】なお、これらの図においては、無声音フォルマント周波数UTGf1~4および有声音フォルマント周波数をVTGf1~4が等しいものと仮定し、「フォルマント周波数をTGf1~4」として表わす。また、これらの図はフォルマントレベルおよびフォルマント周波数の遷移状態の例を示すものであって、理想的な遷移状態を示すものではない。

### 1-3. 歌唱音の発音タイミングの問題点

#### 1-3-1. 問題の所在

次に、音素「s」および「a」が発音される場合において、調音結合時間COMBI TIMEとデューレーションタイムとの関係を図12(a)に示す。上述したように、調音結合時間COMBI TIMEは音素の種類に応じて一意に決定される値であり、デューレーションタイムはMIDI信号によって決定される。

【0045】従って、デューレーションタイムから調音結合時間を減算した値が定常部における発音時間（定常時間）になる。ここで、音素「s」は、調音結合時間の当初（時刻 $t_a$ ）より人間の耳に「s」らしく聞こえるのではなく、ある程度時間（音韻認識時間RCG TIME）が経過した時刻 $t_b$ において「s」らしく聞こえるようになる。

【0046】従って、楽器音と歌唱音とが同時に発音されているが如く音声を再生するためには、同図(b)に示すように、楽器音のノートオンのタイミングと時刻 $t_b$ とが一致するように、歌唱音の発音タイミングをシフトさせることが理想的である。

【0047】このような理想的状態を同図(b)に示す。しかし、實際上、同図(b)に示すように歌唱音の発音を制御することはきわめて困難である。何故なら、同図(b)においては楽器音のノートオンの前に歌唱音の発音を開始させる必要があるため、将来発生する楽器音のノートオンタイミングを予め予測する必要が生じるためである。

【0048】このため、歌唱音の発音開始タイミングを



あくまでも楽器音のノートオン以降に設定しながら両者のタイミングを如何に合わせるかが問題になる。そこで、本発明者は、以下のような種々の方式を検討した。

【0049】1-3-2. 先頭音素のみの発音開始タイミングを遅延させる方式

まず、歌唱音の先頭音素の発音開始タイミングを楽器音のノートオンのタイミングに合わせ（発音開始タイミングを理想形よりも遅らせ）、以降の音素は理想形の通りに発音させる方式が考えられる。このような方策が施された場合の遷移状態を図12(c)に示す。

【0050】しかし、この状態においては、「s」の音素の定常時間の大部分が「a」の音素の発音期間に重なり、「s」の音素がほとんど認識されなくなるという問題が生ずる。すなわち、聴取者においては「あ」に若干ノイズが乗ったような音が聞こえ、「さ」の音であると認識させることが困難になる。

【0051】1-3-3. 時刻 $t_b$ 以前の状態を切り捨てる方式

理想形の遷移状態より時刻 $t_b$ 以前の状態を切り捨てる方式も考えられる。その場合の遷移状態を図12(d)に示す。この方式にあっては、「s」の音素が急激に立ち上がるため、人声音としてはきわめて不自然に聞こえるという欠点がある。

【0052】1-3-4. 音素全体を遅延させる方式

「s」の音素の発音開始タイミングを楽器音のノートオンのタイミングに合わせ、それ以降の音素も順次遅らせてゆく方式も考えられる。その場合の遷移状態を図13(b)に示す。この方式にあっては、歌唱音のタイミングが遅れるため、不自然に聞こえるという欠点がある。

【0053】1-3-5. 全イベントを遅延させる方式  
電子楽器において、MIDI信号を一律に所定時間遅延させて発音させる技術が知られている（図示せず）。この所定時間が例えば「300msec」であれば、楽器音のノートオンのタイミングは一律に「300msec」だけ遅延させられる。

【0054】一方、歌唱音については、上記ノートオン以前の発音時間に応じて遅延時間が決定するとよい。例えば、理想形において時刻 $t_a \sim t_b$ の期間（音韻認識時間RCG TIME）が「50msec」であれば、「s」の音素から始まる音韻は、「250msec」だけ遅延させるとよい。

【0055】これにより、所定時間だけ遅れて理想形と同様の遷移状態で音韻を発生させることができる。この方式は、レコーディングしたMIDI信号を再生する場合には最適である。しかし、リアルタイムの演奏が関係する場合は、演奏タイミングと発音タイミングとのずれが大きくなるため、演奏者に対してきわめて不自然な感触を与えることになる。

【0056】1-3-6. 先頭音素の調音結合時間を圧縮する方式

本発明者の検討した結果によれば、先頭音素の調音結合時間を時間軸方向に圧縮することにより、上記各方式の欠点を解消または緩和できることが判明した。上記例においては、理想形における調音結合時間（図13(a)の時刻 $t_a \sim t_c$ ）内の遷移状態を時間軸方向に圧縮して、楽器音のノートオン（時刻 $t_b$ ）から時刻 $t_c$ までの遷移状態として設定することになる。

【0057】かかる方式が採られた場合の遷移状態を図13(c)に示す。同図においては、音素「s」の調音結合時間は短くなっているが、その範囲内ではなめらかに立ち上がっているため、図12(d)のものと比較すると格段に良好な音声を合成することができる。さらに、音素「s」の定常時間においては音素「a」のエネルギーが未だ弱いため、「s」および「a」の音素を明確に区別することができる。

【0058】2. 実施形態の構成

次に、本実施形態の電子楽器の構成を図1を参照し説明する。図において9はCPUであり、ROM7に記憶されたプログラムに基づいて他の構成要素を制御する。8はRAMであり、CPU9のワーキングメモリとして使用される。1はスイッチパネルでありユーザによって音色等の条件が設定される。また、この設定内容は、液晶ディスプレイ2に表示される。

【0059】6はキーボードであり、ユーザによって操作されると、バス10を介して演奏データを出力する。3はMIDIインターフェースであり、外部装置とCPU9との間でMIDI信号の受け渡しを行う。ここで、外部装置からMIDI信号が供給されると、MIDIインターフェース3はCPU9に対して割り込み（MIDI受信割り込み）を発生させる。

【0060】次に、4は音源回路であり、バス10を介して供給された演奏データに基づいて歌唱音等の楽音信号を生成する。上述したように、音源回路4は有声音および無声音に対して各々「4」チャンネルを有しており、CPU9によって各チャンネルのフォルマント周波数およびフォルマントレベルを逐次更新することが可能になっている。5はサウンドシステムであり、生成された楽音信号を発音する。11はタイマであり、所定時間毎にCPU9に対して割り込み（タイマ割り込み）を発生させる。

【0061】3. 実施形態の動作

3-1. 初期動作

まず、本実施形態の電子楽器が起動されると、図3に示すメインルーチンが起動される。図において処理がステップSP1に進むと、所定の初期設定が行われる。次に、処理がステップSP2に進むと、タスク管理が行われる。すなわち、割り込み状態に応じて複数のルーチン（タスク）が切り換えられつつ並列処理される。

【0062】このうち、最も優先度の高いルーチンは、MIDI受信割り込みが発生した際に起動されるMIDI

I 受信割り込み処理ルーチンである。次に優先度の高いルーチンは、タイマ割り込みによって起動されるタイマ割り込み処理ルーチンである。

【0063】その他のルーチンの優先度は最も低く設定されている。優先度の低いルーチンの一つとして、後述する演奏データ処理ルーチンが設けられており、上記割り込み処理ルーチンが休止状態である場合に動作可能になっている。

【0064】3-2. フォン・シーケンス・データの受信 (時刻 $t_1$ )

MIDI インターフェース3においてMIDI信号が供給された場合、あるいはキーボード6においてイベントが発生すると、図4に示すMIDI受信割り込み処理ルーチンが起動される。図において処理がステップSP11に進むと、MIDI信号の内容あるいはキーボード6の操作情報が、RAM8内の所定の領域(MIDI受信バッファ)に書き込まれ、直ちに処理が終了する。

【0065】ここで、キーボード6の操作情報は、ノートナンバとベロシティを伴うノートオン情報、あるいはノートナンバを伴うノートオフ情報等であり、楽器音に係るMIDI信号と同様の内容を有している。そこで、本明細書ではMIDIインターフェース3から供給されるMIDI信号と、キーボード6から出力される操作情報を総称して「MIDI信号」と呼ぶ。以下、時刻 $t_1 \sim t_g$ において、図2に示されたMIDI信号が順次MIDIインターフェース3を介してMIDI受信バッファに記憶されていく場合を想定して、本実施形態の動作を説明する。

【0066】時刻 $t_1$ において「さ」の音に係るフォン・シーケンス・データがMIDI受信バッファに記憶されると、その後適当な時期(割り込みが生じていない時)に演奏データ処理ルーチンが起動される。図5において処理がステップSP21に進むと、MIDI受信バッファより、「1」バイトのMIDI信号が取り込まれる。

【0067】図2の例では、時刻 $t_1$ に供給されたMIDI信号の先頭のバイトは、「F0」であるから、この「F0」が取り込まれることになる。次に、処理がステップSP22に進むと、取り込まれたMIDI信号は「ステータス・バイト」(「80」～「FF」の値)であるか否かが判定される。ここでは、「YES」と判定されるから、処理はステップSP24に進み、当該ステータス・バイトの種類(ここではシステムエクスクルーシブの開始信号)がRAM8の所定領域に記憶される。

【0068】次に、処理がステップSP25に進むと、当該ステータス・バイトの種類に応じて処理が分岐される。ステータス・バイトがシステムエクスクルーシブの場合は、処理がステップSP27に進む。ここでは、システムエクスクルーシブ開始信号に続く「4バイト」のMIDI信号がMIDI受信バッファから読み出され、

その内容がフォン・シーケンス・ヘッダであるか否かが判定される。

【0069】図2に示す例にあっては、時刻 $t_1$ の「F0」に続く「43」「1n」「7F」「03」が読み込まれることになる。これはフォン・シーケンス・ヘッダに他ならないため、ステップSP27においては「YES」と判定され、処理はステップSP28に進む。

【0070】ステップSP28にあっては、システムエクスクルーシブ終了信号「F7」が現れるまで、MIDI受信バッファの内容が繰り返し読み出され、ここに記憶されたフォン・シーケンス・データが読み出され、その内容がRAM8内の所定領域 phoneSEQbuffer に記憶される。図示の例においては、音素「s」、「a」およびこれらのデュレーションタイムが領域 phoneSEQbuffer に記憶されることになる。

【0071】さらに、ステップSP28においては、変数 phone number に、音素数(ここでは「2」)が代入される。以上の処理が終了すると、本ルーチンの処理は一旦終了する。以後、「5 msec」毎にタイマ割り込みが発生すると、図8に示すタイマ割り込み処理ルーチンが起動される。

【0072】図において処理がステップSP61に進むと、発音中の音素は存在するか否かが判定され、「NO」と判定されると直ちに処理が終了する。上記例においては、時刻 $t_1$ に取り込まれたフォン・シーケンス・データに含まれる音素は何れも発音されていないため、タイマ割り込み処理ルーチンにおいては実質的な処理は行われない。

【0073】3-3. 「C3」のノートオン  
その後、時刻が $t_2$ になり、「C3」のノートオンがMIDIインターフェース3に供給されると、MIDI受信割り込み処理ルーチンが実行されることによって当該ノートオンがMIDI受信バッファに書き込まれる。そして、再び演奏データ処理ルーチンが起動される。

【0074】図5において処理がステップSP21に進むと、時刻 $t_2$ に受信されたMIDI信号の先頭バイト「90」が取り込まれる。これはステータス・バイトであるから、ステップSP22を介して処理はステップSP24に進む。

【0075】ところで、MIDI信号の先頭バイトが「90」である場合は、ノートオンまたはノートオフのうち何れかである。そこで、ステップSP24においては、先頭バイトが「90」である場合は、これに続く「2」バイトのデータが読み出され、ノートオンまたはノートオフのうち何れであるかが判定される。

【0076】上記例にあっては、「90」に続くデータは「30」「42」であり、ベロシティ(「42」)が「00」以外の値であるから、当該ステータスはノートオンである旨が判定され、RAM8に記憶される。次に、この判定内容に鑑みて、処理はステップSP25を



介してステップSP31(図6)に進む。

【0077】ステップSP31においては、変数 phoneSEQtime\_counter および変数 phoneSEQphone\_counter に共に「0」が代入される。ここで、変数 phoneSEQphone\_counter は、今回のノートに含まれる音素(「s」および「a」)のうち、現在発音の対象とされている音素を指標する変数である。

【0078】すなわち、先頭の音素の番号を「0」とし、以降の音素に対応して「1」づつインクリメントされる番号が変数 phoneSEQphone\_counter の内容になる。また、変数 phoneSEQtime\_counter は、現在発音の対象とされている音素の発音が開始された後の経過時間を、「5msec」を単位としてカウントするための変数である。

【0079】次に、処理がステップSP32に進むと、領域 phoneSEQbuffer 内の先頭の「1」ノート(上記例では時刻 $t_1$ に供給されたフォン・シーケンス・データ)中に「呼吸情報」と称するデータは存在するか否かが判定される。ここで、呼吸情報とは、呼吸(プレス)を行う旨を示す信号であり、他の音素と同様に所定の番号が割り当てられている。

【0080】ここでは呼吸情報は存在しないから、「NO」と判定され、処理はステップSP33に進み、呼吸フラグ f\_koki が「0」に設定される。次に、処理がステップSP35に進むと、領域 phoneSEQbuffer より、先頭の音素ナンバと、そのデュレーションタイムが抽出される。

【0081】上記例にあっては、「s」の音素ナンバである「35」と、そのデュレーションタイムである「0A」が抽出されることになる。次に、処理がステップSP36に進むと、前後の音素関係に基づいて、パラメータPHPAR[\*]と、パラメータPHCOMB[1-2]とがROM7内のデータベースから読み出される。この例にあっては、音素「s」が無音から立ち上がるため、パラメータPHPAR[s]と、パラメータPHCOMB[-s]とが読み出されることになる。

【0082】次に、処理がステップSP37に進むと、パラメータPHCOMB[-s]内の調音結合時間COMBI TIMEは、音素「s」のデュレーションタイム以下であるか否かが判定される。ここで、仮に「NO」と判定されると、ステップSP38が実行され、調音結合時間がデュレーションタイムの値に再設定される。

【0083】何れにしても、次に処理はステップSP39に進み、今回の音素(s)の発音に適用される変化特性が算出される。但し、その前提として、調音結合時間を圧縮する必要がある場合、あるいは既にステップSP38で圧縮されている場合には、圧縮後の調音結合時間が適用される。

【0084】上記例にあっては、音素「s」はフォン・シーケンス・ヘッダの直後に位置するから、楽器音のノ

ートオンに伴って発音される音素である。従って、図13(a)および(c)において説明した規則に従って、データベースに記憶された各変化特性が時間軸方向に圧縮される。

【0085】すなわち、これら変化特性は、元々は通常の調音結合時間COMBI TIME内の変化特性であったが、時間「COMBI TIME-RCG TIME」内に遷移が完了するように、これらの変化特性が時間軸方向に圧縮されるのである。また、「s」以降に発音される音素であっても、先にステップSP38が実行された場合には、新たな(短縮された)調音結合時間に基づいて、これら変化特性が圧縮されるのである。

【0086】次に、各変化特性(適宜圧縮された特性)において、現時点の変数 phoneSEQtime\_counter の値(ここでは「0」)に応じたフォルマントデータが算出される。次に、処理がステップSP40に進むと、算出されたフォルマントデータが音源回路4の歌唱音用のチャンネルに書き込まれる。

【0087】また、ステップSP40においては、歌唱音用のチャンネルがノートオフ状態である場合は、これらのノートオン信号も音源回路4に供給される。上記例にあっては、音韻「s」は楽曲における最初の歌唱音であるから、このノートオン信号も音源回路4に供給されることになる。

【0088】これにより、音素「s」に係る歌唱音の発音が開始されることになる。さらに、ステップSP40においては、楽器音自体のノートオン信号も音源回路4に供給されることは言うまでもない。以上の処理が終了すると、今回のノートオンに係る演奏データ処理は終了する。

【0089】3-4. 発音中のタイマ割込み  
次にタイマ割り込みが発生すると、図8のタイマ割り込み処理ルーチンが起動される。この場合、音素「s」を発音中であるから、ステップSP61において「YES」と判定され処理はステップSP62に進む。

【0090】ここでは、変数 phone\_duration\_time が「0」(=「00」)であるか否か、すなわちデュレーションタイムが未確定であるか否かが判定される。音韻「s」のデュレーションタイムは、「10」(=「0A」)であるから、ここでは「NO」と判定され、処理はステップSP63に進む。ここでは、変数 phoneSEQtime\_counter がデュレーションタイムを越えているか否かが判定される。

【0091】上記例にあっては、変数 phoneSEQtime\_counter は先にステップSP31で「0」に設定されている。一方、音韻「s」のデュレーションタイムは、「10」(=「0A」)である。従って、ここでは「YES」と判定され処理はステップSP64に進み、変数 phoneSEQtime\_counter が「1」だけインクリメントされる。

【0092】次に、処理がステップSP65に進むと、先にステップSP39で算出された（圧縮された）各変化特性において、現時点の変数 phoneSEQtime\_counter の値（ここでは「1」）に応じたフォルマントデータが算出される。

【0093】次に、処理がステップSP66に進むと、算出されたフォルマントデータが音源回路4の歌唱音用のチャンネルに書き込まれる。これにより、音素「s」に係る歌唱音の発音状態は、上記各変化特性において「5msec」だけ進んだ状態になる。以上により、1 10 回分のタイマ割り込み処理は終了する。

【0094】以後、「5msec」毎に同ルーチンが起動され、ステップSP64において変数 phoneSEQtime\_counter が「1」づつインクリメントされてゆく。そして、インクリメントされた値に基づいて、ステップSP65、66が実行される。

【0095】これにより、音韻「s」が徐々に立ち上がるように、音源回路4のフォルマントデータが更新されてゆく。そして、デューレションタイムが調音結合時間よりも長い場合にあっては、その差に相当する時間だけ 20 パラメータPHPAR[s]に基づく定常状態の音素「s」の発音が行われることになる。

【0096】3-5. 音素「a」への遷移  
さて、ステップSP64のインクリメント処理が繰り返されると、やがて変数phoneSEQtime\_counter はデューレションタイムを越えることになる。その後、再度タイマ割り込み処理ルーチンが呼び出され処理がステップSP63に進むと、ここで「NO」と判定され、処理はステップSP67に進む。

【0097】ここでは、変数 phoneSEQphone\_counter 30 が「1」だけインクリメントされ、「1」になる。すなわち、同変数は「2」番目の音素である「a」を指標することになる。そして、これに対応して、変数 phoneSEQtime\_counter がリセットされる。

【0098】次に、処理がステップSP68に進むと、変数 phoneSEQphone\_counter は変数 phone number以下であるか否かが判定される。先にステップSP28において変数 phone numberには「2」が代入されているから、ここで「YES」と判定され、処理はステップSP69に進む。

【0099】ここでは、領域 phoneSEQbuffer より、「2」番目の音素ナンバと、そのデューレションタイムが抽出される。上記例にあっては、「a」の音素ナンバである「20」と、そのデューレションタイムである「00」が抽出されることになる。

【0100】次に、処理がステップSP70に進むと、前後の音素関係に基づいて、パラメータPHPAR[\*]と、パラメータPHCOMB(1-2)とがROM7内のデータベースから読み出される。この例にあっては、音源回路4の状態を音素「s」から音素「a」に遷移させようとしている 50

ため、パラメータPHPAR[a]とパラメータPHCOMB[s-a]とが読み出されることになる。

【0101】次に、処理がステップSP65に進むと、このパラメータPHCOMB[s-a]に含まれる各変化特性において、現時点の変数 phoneSEQtime\_counter の値（ここでは「0」）に応じたフォルマントデータが算出される。次に、処理がステップSP66に進むと、算出されたフォルマントデータが音源回路4の歌唱音用のチャンネルに書き込まれる。これにより、音素「s」から「a」への遷移が開始されるのである。

【0102】以後、音素「s」について説明した動作と同様に、「5msec」毎に同ルーチンが起動され、ステップSP64において変数 phoneSEQtime\_counter が「1」づつインクリメントされてゆく。そして、インクリメントされた値に基づいて、ステップSP65、66が実行される。

【0103】これにより、音素「s」が徐々に音素「a」に遷移するように、音源回路4のフォルマントデータが更新されてゆく。やがて、パラメータPHCOMB[s-a]に係る調音結合時間COMBI TIMEが経過すると、定常状態の音素「a」の発音が行われることになる。なお、この場合はデューレションタイムが「0」であるため、ステップSP63は常にスキップされる。

【0104】3-6. 「C3」のノートオフ  
図2の時刻t<sub>3</sub>においてMIDIインターフェース3に「C3」のノートオフのMIDI信号が供給されると、MIDI受信割り込み処理ルーチン（図4）によってその内容がMIDI受信バッファに書き込まれる。

【0105】その後、演奏データ処理ルーチン（図5）が起動されると、ステップSP21において当該ノートオフ信号が取り込まれ、ステップSP22~25を介して処理はステップSP51（図7）に進む。ここでは、「デューレションタイムが0である音素」の後に、他の音素は存在するか否かが判定される。

【0106】ここで「デューレションタイムが0である音素」とは音素「a」であり、時刻t<sub>1</sub>に供給されたノートにおいては、この音素「a」以降に他の音素は存在しない。従って、ここでは「NO」と判定され、処理はステップSP57に進む。

40 【0107】ここでは、呼吸フラグ f\_kokiは「1」であるか否かが判定される。先にステップSP33において呼吸フラグ f\_kokiは「0」に設定されているから、ここでは「NO」と判定され、処理はステップSP59に進み、楽器音のキーオフ処理が行われる。

【0108】これにより、当該ノートオフ処理に係る演奏データ処理は終了する。すなわち、この例では楽器音のノートオフに対応して歌唱音に直接影響する処理はなされないことが解る。従って、当該ノートオフ以降も、音韻「a」に対する発音が持続される。

【0109】3-7. 以降のノートオン

次に、時刻 $t_4$ において音韻「i」に係るフォン・シーケンス・データがMIDIインターフェース3に供給されると、MIDI受信割り込み処理ルーチンにおいて当該データがMIDI受信バッファに書き込まれる。その後、演奏データ処理ルーチンのステップSP28において、バッファphoneSEQbufferにフォン・シーケンス・データが書き込まれ、変数 phone numberに「1」が代入される。

【0110】次に、時刻 $t_5$ において楽器音「E3」のノートオン信号が供給されると、再び図6に示すノートオン処理が実行されることになる。その際、ステップSP36で参照されるパラメータは、PHPAR[i]とPHCOMB[a-i]である。

【0111】また、音素「i」はノートオン信号に伴って発音される音素であるため、音素「s」の立ち上がり時と同様に、ステップSP39においてはPHCOMB[a-i]の調音結合時間COMBI TIMEは短縮され、これに伴って各変化特性も時間軸方向に圧縮される。

【0112】これにより、歌唱音は「a」から「i」に遷移し、「i」の定常状態になる。以後、楽器音に係る新たなノートオン信号が発生すると、次の音素の音素ナンバおよびデュレーションタイムが読み出され、歌唱音が順次遷移してゆくことになる。

【0113】3-8. 呼吸情報に対応する処理  
ところで、フォン・シーケンス・データには上述したものの以外の種々の情報を含めることができる。そのうちの一つとして、呼吸情報（息継ぎ）がある。そこで、フォン・シーケンス・データにこの呼吸情報が含まれていた場合の処理を説明する。

【0114】呼吸情報を含むフォン・シーケンス・データが供給された後、対応する楽器音のノートオンが発生すると、上述したように図6に示す処理が実行される。そして、ステップSP32においては「YES」と判定され、呼吸フラグ f\_kokiが「1」に設定される。

【0115】その後、呼吸情報が含まれない場合と同様の処理が行われるが、楽器音のノートオフが発生し図7に示す処理が実行されると、ステップSP57において「YES」と判定され、ステップSP58において歌唱音のキーオフ処理が行われる。

【0116】すなわち、音源回路4に対して歌唱音のキーオフ信号が供給される。そして、音源回路4においては、歌唱音をなだらかに落としてゆくリリース処理が行われる。これにより、現在処理中のノートと後続のノートオンとの間が無音状態になり、あたかも人間が息継ぎをしているかのように歌唱音が発音される。

3-9. デュレーションタイムが有限である場合  
一ノートに含まれる全ての音素のデュレーションタイムが有限値（「00」以外の値）であった場合の処理を説明する。かかる場合、タイマ割り込み処理ルーチン（図8）が起動される毎にステップSP64において変数 p

honeSEQtime\_counter がインクリメントされ、次に同ルーチンが起動された際に、同変数の値と、発音処理中の音素のデュレーションタイムとが比較される。

【0117】そして、ステップSP63において「YES」と判定された場合はステップSP67が実行され、変数 phoneSEQphone\_counter がインクリメントされる。そして、最終の音素に対するデュレーションタイムが経過すると、変数 phoneSEQphone\_counter と変数 phone numberとが等しくなるから、ステップSP68において「NO」と判定され、処理はステップSP71に進む。

【0118】ステップSP71においては、歌唱音に対するキーオフ処理が行われる。すなわち、音源回路4に対して歌唱音のキーオフ信号が供給され、現在処理中のノートと後続のノートオンとの間が無音状態になる。このような有限値のデュレーションタイムは、スタカートすなわち断続的に歌唱音を発音させる場合に用いて好適である。

【0119】3-10. デュレーションタイムが「0」である音素の後に他の音素が続く場合  
デュレーションタイムが「0」である音素の後に他の音素が続く場合とは、例えば一ノートに含まれる音素が「s」「a」「t」の順序であって「a」のデュレーションタイムが「00」、「s」および「t」のデュレーションタイムが有限値である場合が挙げられる。

【0120】かかる場合、対応する楽器音のノートオフが発生し図7のルーチンに処理が進むと、ステップSP51において「YES」と判定され、処理はステップSP52に進む。ここでは、変数 phoneSEQphone\_counter の値は、デュレーションタイムが「0」である音素の直後の音素を指標する値にセットされる。

【0121】上記例（「s」「a」「t」）にあっては、変数 phoneSEQphone\_counter は、「t」を指標する「2」にセットされることになる。さらに、ステップSP52においては、変数 phoneSEQtime\_counter が「0」にセットされる。

【0122】次に、処理がステップSP53に進むと、バッファphoneSEQbufferより、次の音素ナンバとデュレーションタイムとが抽出される。すなわち、上記例では、「t」の音素ナンバと、そのデュレーションタイムとが抽出される。

【0123】次に、処理がステップSP54に進むと、前後の音素関係に基づいて、パラメータPHPAR[\*]と、パラメータPHCOMB[1-2]とがROM7内のデータベースから読み出される。この例にあっては、パラメータPHPAR[t]と、パラメータPHCOMB[a-t]とが読み出されることになる。

【0124】次に、処理がステップSP55に進むと、これらパラメータに含まれる各変化特性において、現時点の変数 phoneSEQtime\_counter の値（ここでは

10

20

30

40

50

「0」)に応じたフォルマントデータが算出される。次に、処理がステップSP56に進むと、算出されたフォルマントデータが音源回路4の歌唱音用のチャンネルに書き込まれる。これにより、歌唱音は音素「a」から「t」に遷移し始めることになる。

【0125】次に、処理がステップSP59に進むと、楽器音のキーオフ処理が行われる。その後はタイマ割り込み処理ルーチン(図8)が繰り返し実行されることにより、歌唱音は「a」から「t」に遷移し、やがて「t」の定常状態における発音が行われる。

【0126】そして、最終の音素である「t」のデュレーションタイムが経過すると、変数phoneSEQphone\_counterと変数phone numberとが等しくなるから、ステップSP68において「NO」と判定される。これにより、ステップSP71において、歌唱音に対するキーオフ処理が行われる。

【0127】以上のように、デュレーションタイムが「0」である音素(「a」)の後に他の音素(「t」)が続く場合は、楽器音のノートオフが発生したタイミングで後者の発音が開始される。このため、特殊な状況(例えば、「他の音素」のデュレーションタイムが極端に長い場合や次の楽器音のノートオンまでのタイミングが極端に短い場合)を除けば、次の楽器音のノートオンが発生するまでに全ての音素の発音を完了させることができる。

#### 【0128】4. 変形例

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のように種々の変形が可能である。

4-1. 上記実施形態においては、フォン・シーケンス・データ内に呼吸情報が含まれていた場合は、楽器音のノートオフの際に歌唱音のキーオフ処理が行われた(図7、ステップSP57, 58)。しかし、キーオフ処理の前に、息継ぎ音(人間が息継ぎしているような音)を発生させてもよい。

【0129】4-2. また、上記実施形態においては、音源回路4は有声音および無声音の各々に対して「4」チャンネルずつ確保していたが、「s」のように高周波成分が強い音素については追加のチャンネルを確保し、高周波成分用のフォルマントを生成してもよい。図9、図10には、このような追加フォルマントの周波数およびフォルマントレベルを「TGF5」および「UTG5」として示す。

【0130】4-3. また、上記実施形態においては、脚音結合時間COMBI TIMEは全フォルマントに対して共通の値を用いたが、フォルマント毎に異なる値を用いてもよい。また、各フォルマントが遷移を開始するタイミングについても、相互に時間差を付けてもよい。

【0131】4-4. また、上記実施形態においては、音声信号の立上り時間を短くする具体例として図13(c)に示すようにフォルマントレベルを変化させる技術

を用いたが、これに代えて立上り時間を短くするための種々の方法を用いることができる。

【0132】4-5. また、上記実施形態においては、プログラムを記憶する記憶媒体としてROM7を用いたが、本発明は、パーソナルコンピュータ用のソフトウェアとして、CD-ROMやフロッピーディスク等の記憶媒体上に実現可能であることは言うまでもない。さらに、音源回路4も含めてソフトウェア上で実現することも可能であり、電子楽器のみならずゲームマシン、カラオケ等、各種アミューズメント機器に対して適用可能である。

#### 【0133】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1,4記載の構成によれば、ノートオン信号に伴って発生させる音声信号の立上り時間を、他の音声信号の立上り時間よりも短くすることができる。さらに、請求項2記載の構成によれば、立上り時間が音声信号に割り当てられた発音時間以下である場合も立上り特性を時間軸方向に圧縮することができる。これにより、ノートオンに伴って適切なタイミングで音声信号を発音させることができる。

【0134】また、請求項3記載の構成によれば、ノートオフ信号の受信に伴って中間持続音素の発音を停止させることができるから、以降の音素を適切なタイミングで発音させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態の電子楽器のブロック図である。

【図2】 一実施形態に供給されるMIDI信号の例を示す図である。

【図3】 一実施形態のメインルーチンのフローチャートである。

【図4】 一実施形態のMIDI受信割り込み処理ルーチンのフローチャートである。

【図5】 一実施形態の演奏データ処理ルーチンのフローチャートである。

【図6】 演奏データ処理ルーチンのノートオン処理のフローチャートである。

【図7】 演奏データ処理ルーチンのノートオフ処理のフローチャートである。

【図8】 一実施形態のタイマ割り込み処理ルーチンのフローチャートである。

【図9】 音源回路4の各チャンネルに設定されるフォルマント周波数およびフォルマントレベルの一例を示す図である。

【図10】 図9の続きである。

【図11】 一実施形態のデータベースに格納されるパラメータのデータフォーマットを示す図である。

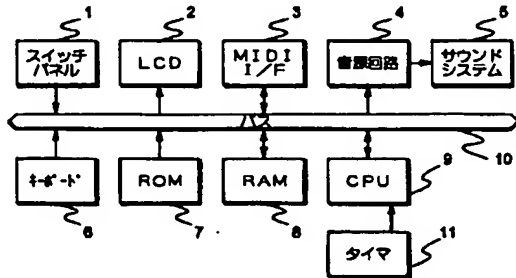
【図12】 ノートオンイベント発生時における音素の遷移方法の各種の例を示す図である。

【図13】 図12の続きである。

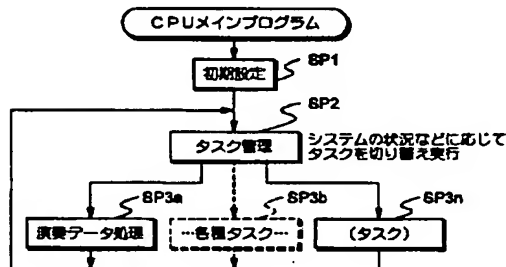
## 【符号の説明】

1……スイッチパネル、2……液晶ディスプレイ、3……MIDIインターフェース、4……音源回路、5……サウンドシステム、6……キーボード、7……ROM、8……RAM、9……CPU、10……バス、11……タイマ

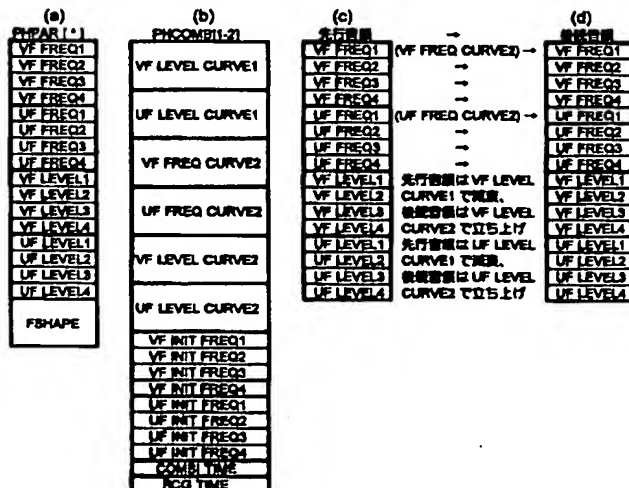
【図1】



【図3】



【図11】

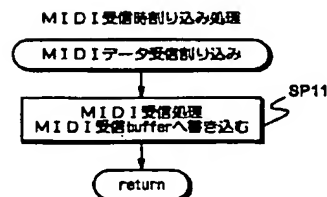


(記憶媒体)、8……RAM (記憶手段)、9……CPU (第1および第2の判定手段、圧縮手段、発音持続手段、発音中断手段)、10……バス、11……タイマ。

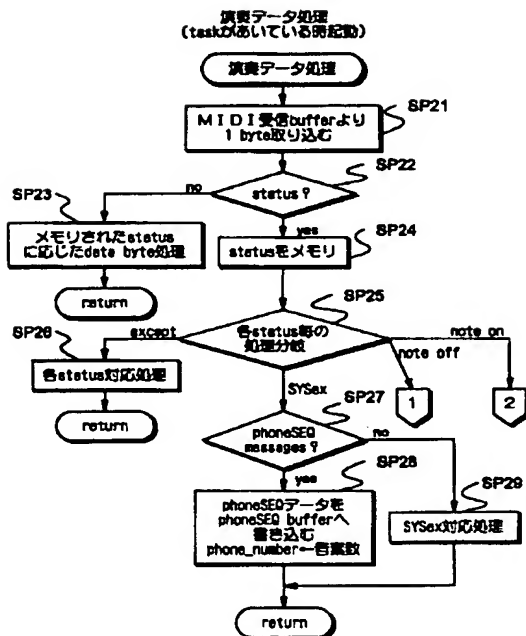
【図2】

時刻	MIDI信号	意味
t1	F0 43 1n 7F 03	SYS_EX 開始, phoneSEQ ヘッダー
	35 0A	8, 50ms
	20 00	a, 未確定
	F7	SYS_EX 終了
t2	90 30 42	ノートオン, C3, 42
t3	90 30 00	ノートオフ, C3
t4	F0 43 1n 7F 03	SYS_EX 開始, phoneSEQ ヘッダー
	22 00	1, 未確定
	F7	SYS_EX 終了
t5	90 34 50	ノートオン, E3, 50
t6	90 34 00	ノートオフ, E3
t7	F0 43 1n 7F 03	SYS_EX 開始, phoneSEQ ヘッダー
	3F 01	CL, 6ms
	37 02	1, 10ms
	20 00	a, 未確定
	F7	SYS_EX 終了
t8	90 37 46	ノートオン, G3, 46
t9	90 37 00	ノートオフ, G3

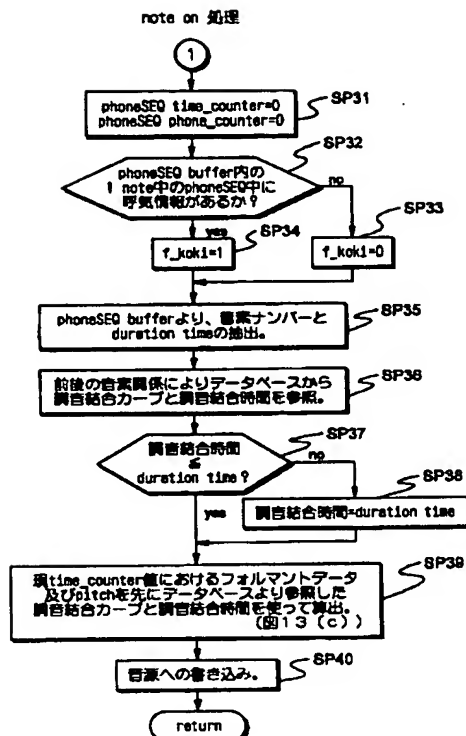
【図4】



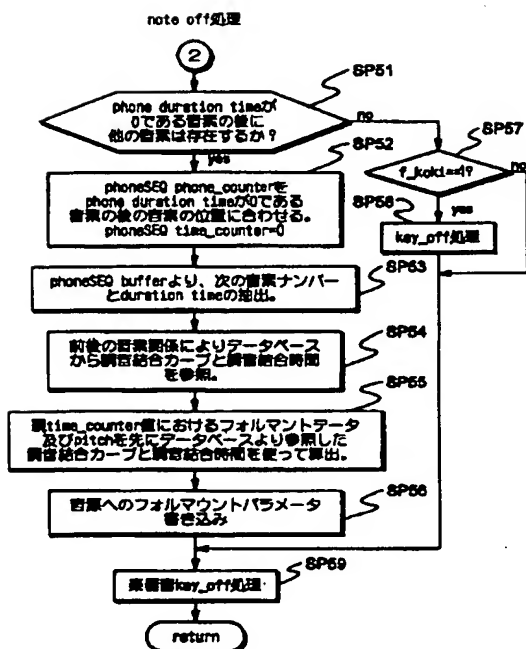
【図5】



【図6】

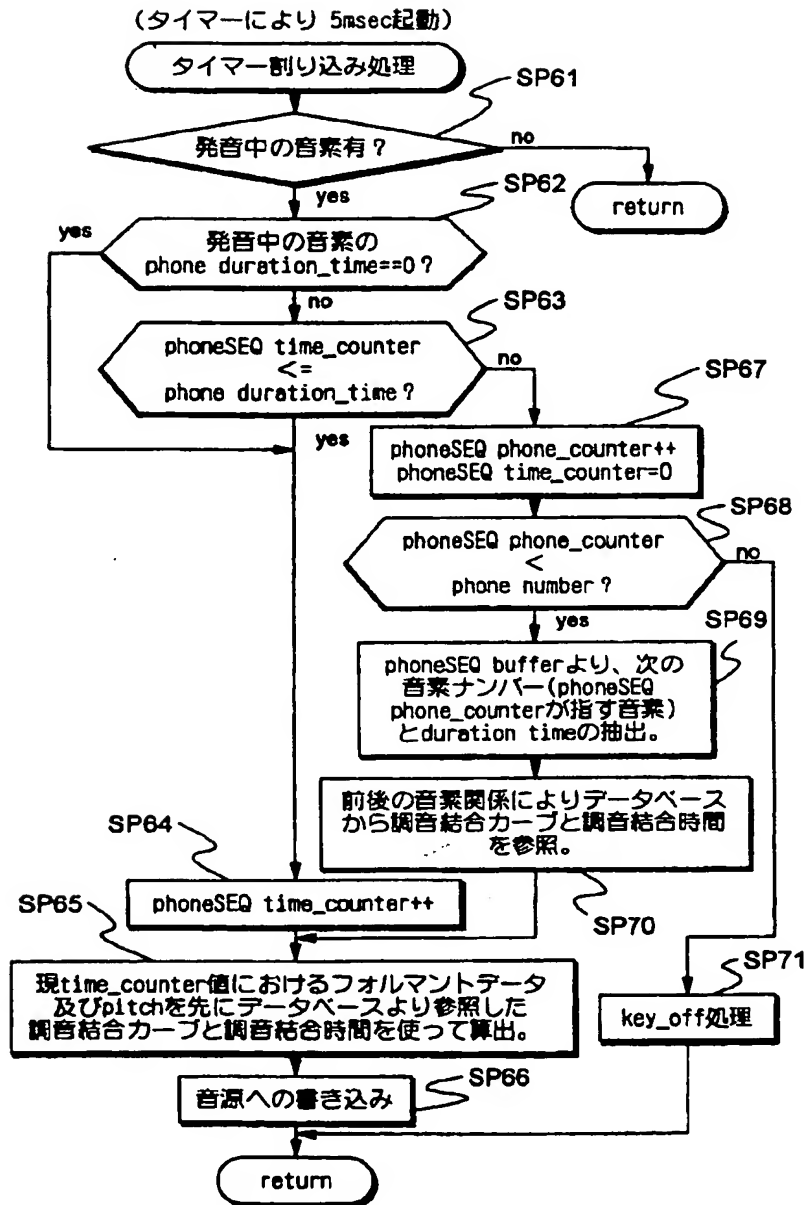


【図7】

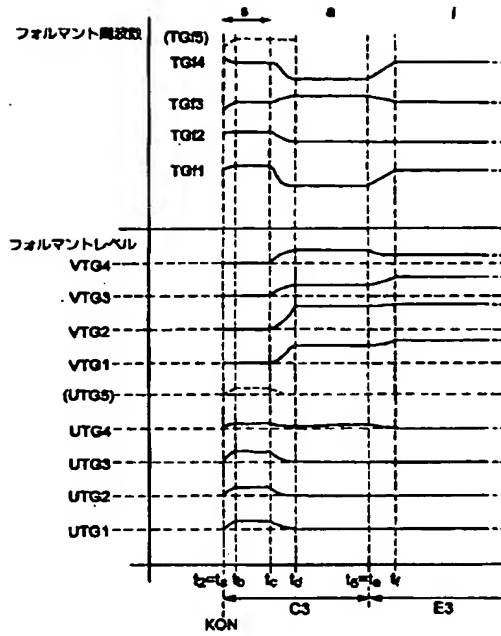




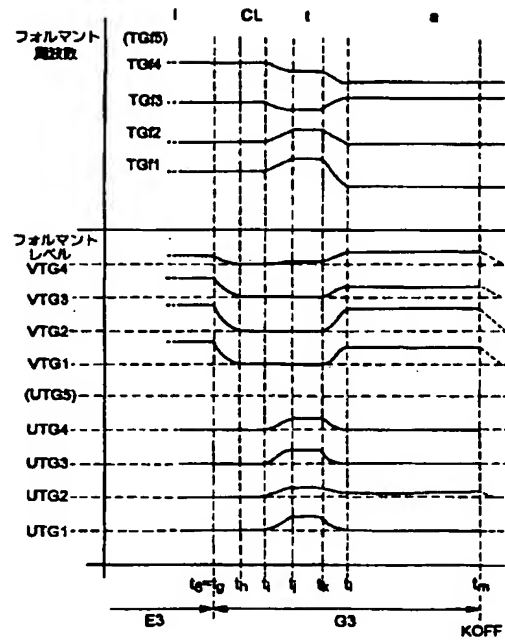
【図8】



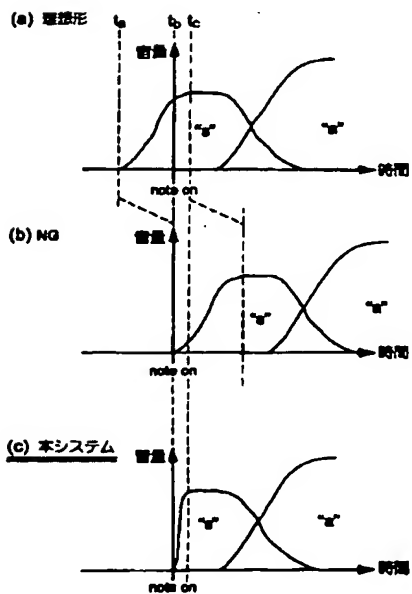
【図9】



【図10】

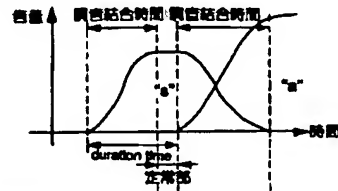


【図13】

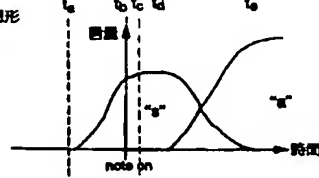


【図12】

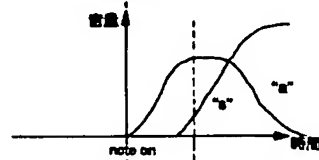
(a) ノートオンイベントが関係しない場合の遷移状態



(b) 理想形



(c) NG



(d) NG

